

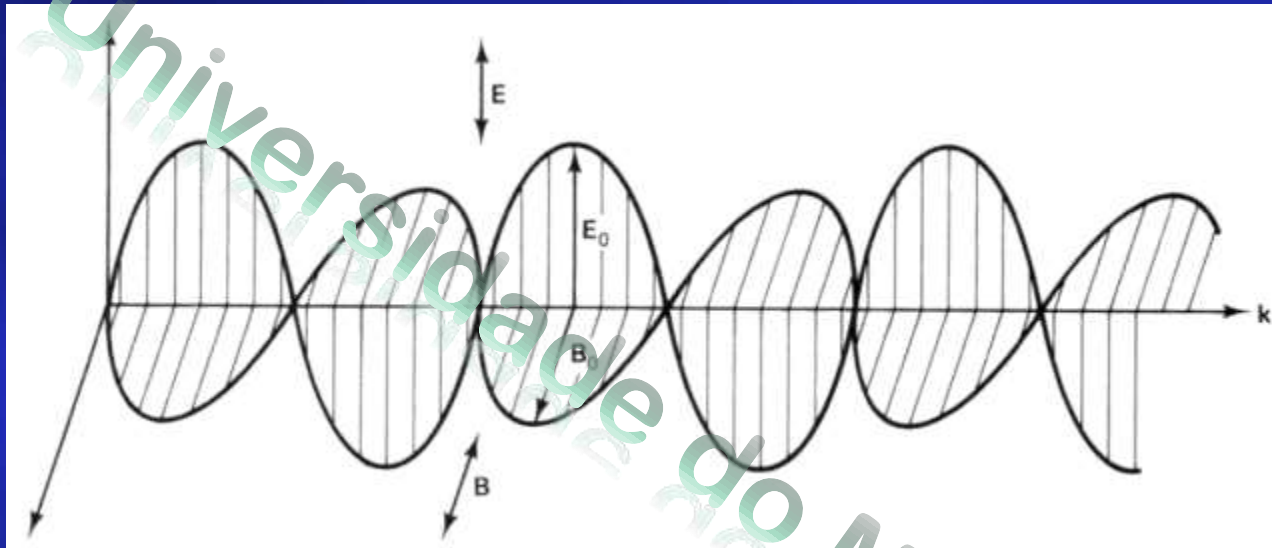
No mundo da Óptica Física

Manuel Filipe P. C. Martins Costa

Universidade do Minho
Departamento de Física



A luz tem um carácter dual: os fenómenos de reflexão, refração, interferência, difração e polarização da luz podem ser explicados pela teoria ondulatória e os de emissão e absorção podem ser mais facilmente explicados pelo carácter corpuscular da luz.



$$\omega = 2\pi\nu$$

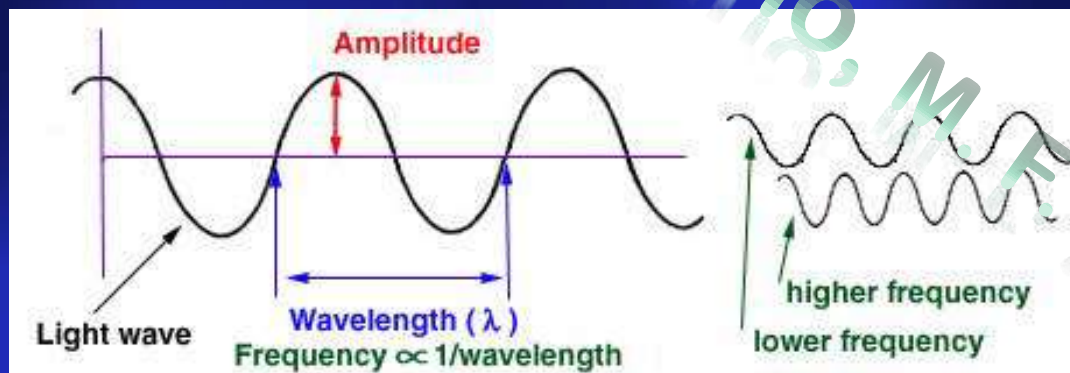
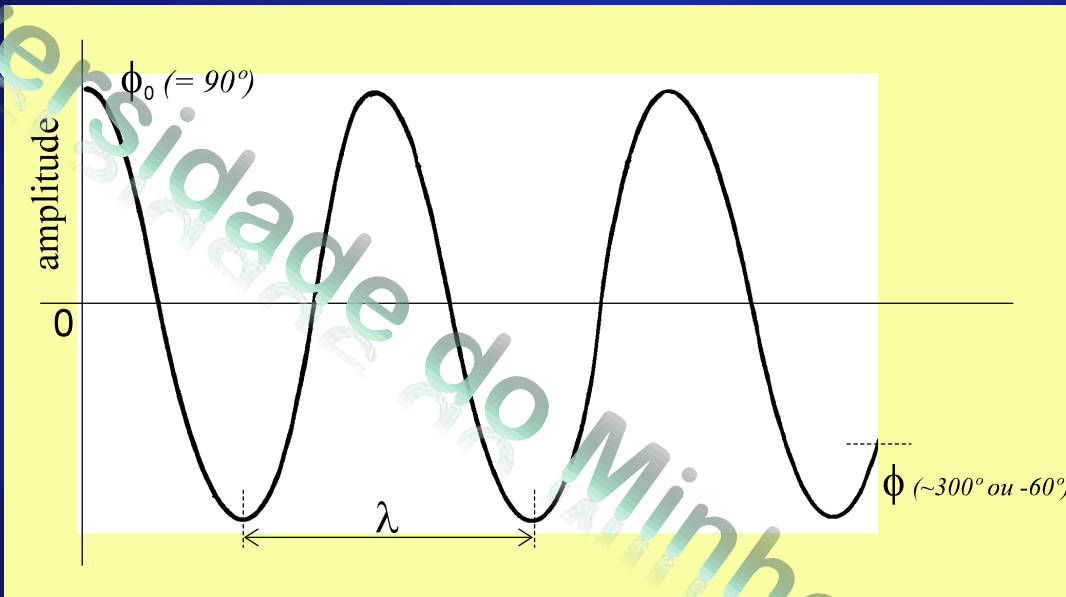
$$k = 2\pi/\lambda$$

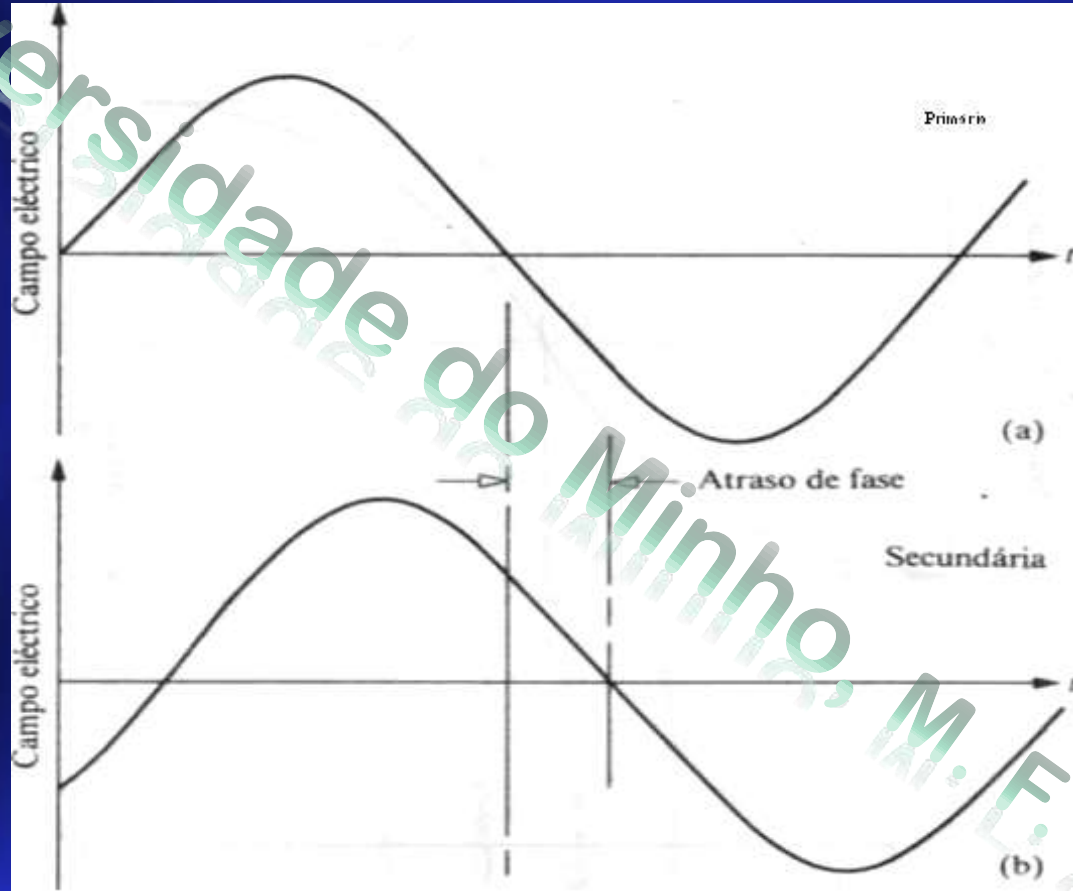
Como se sabe os campos eléctrico e magnético estão *ligados* um ao outro (equações de Maxwell) e propagam-se simultaneamente. Portanto é suficiente, em geral, considerar o comportamento do campo eléctrico para caracterizar a radiação luminosa. Este campo eléctrico pode ser tratado como um vector, variável no tempo, perpendicular à direcção de propagação da onda.

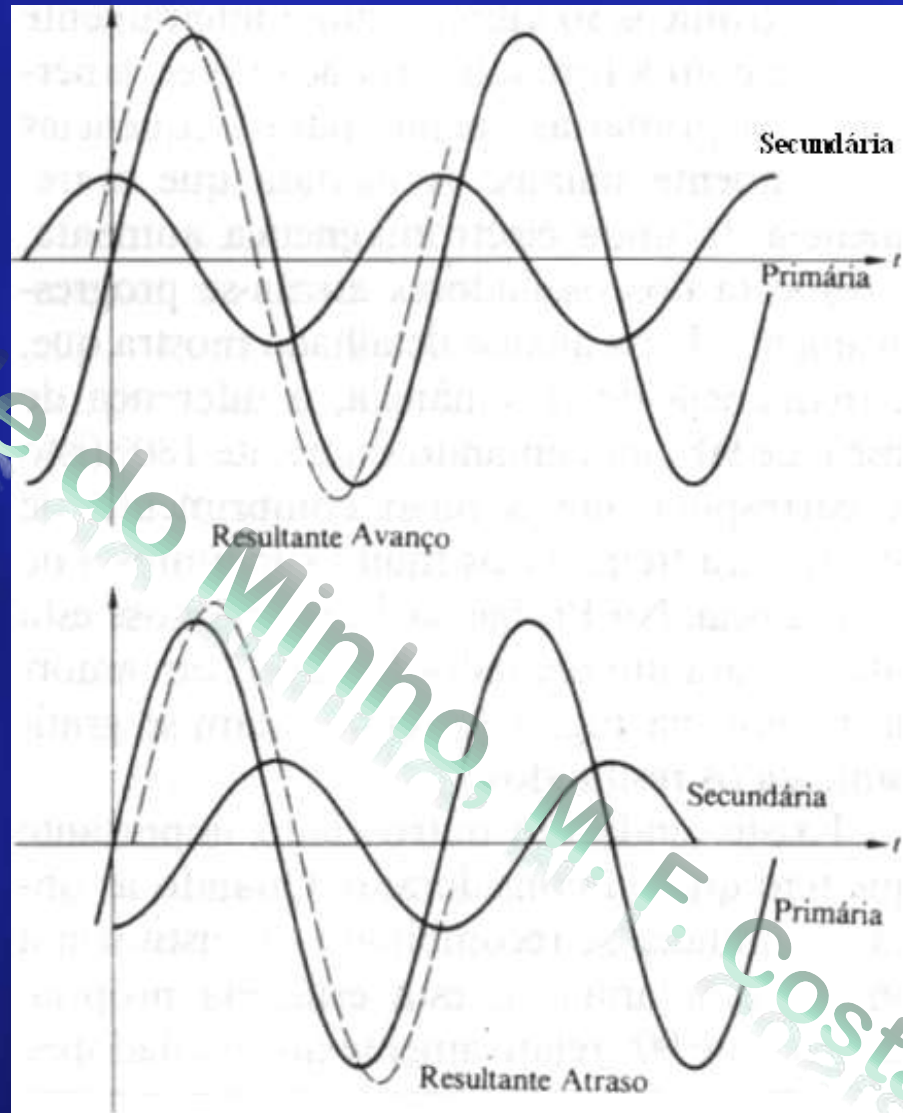
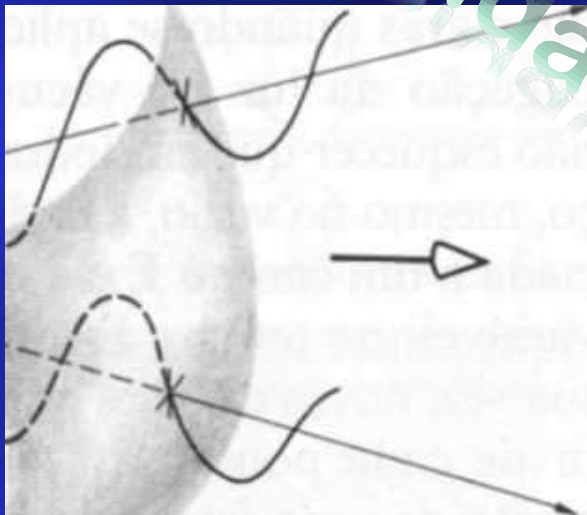
$$\mathbf{E}(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot (\nu t - z/\lambda) + \phi),$$

em que A é a amplitude da onda, ν é a frequência e λ o comprimento de onda. O argumento $(2\pi \cdot (\nu t - z/\lambda))$ é a fase da onda que varia com o tempo e com a distância à fonte.

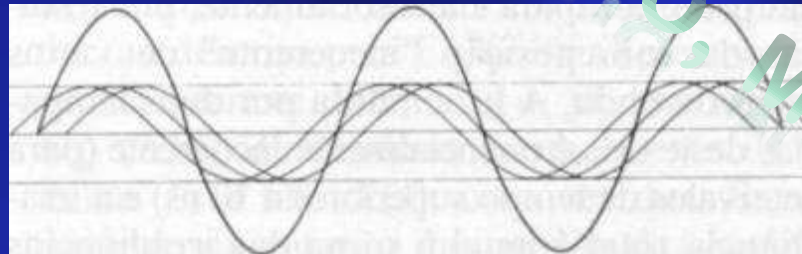
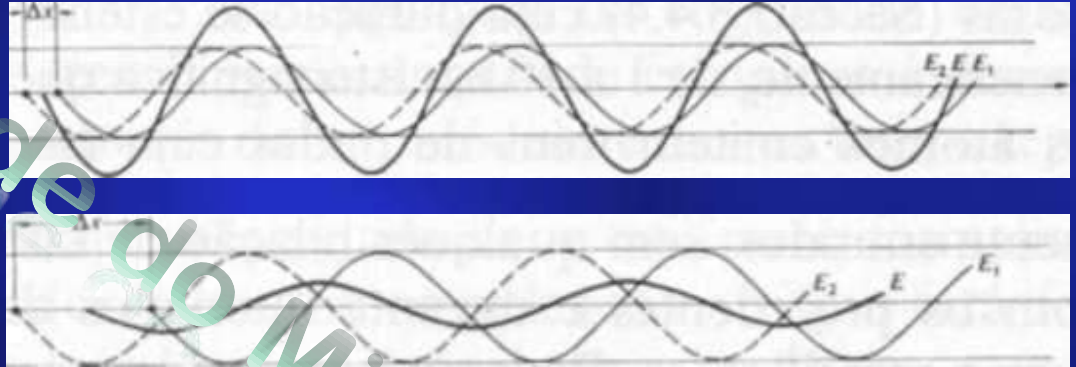
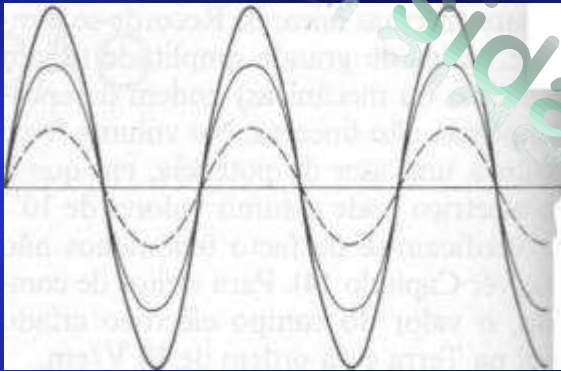
Ondas harmónicas





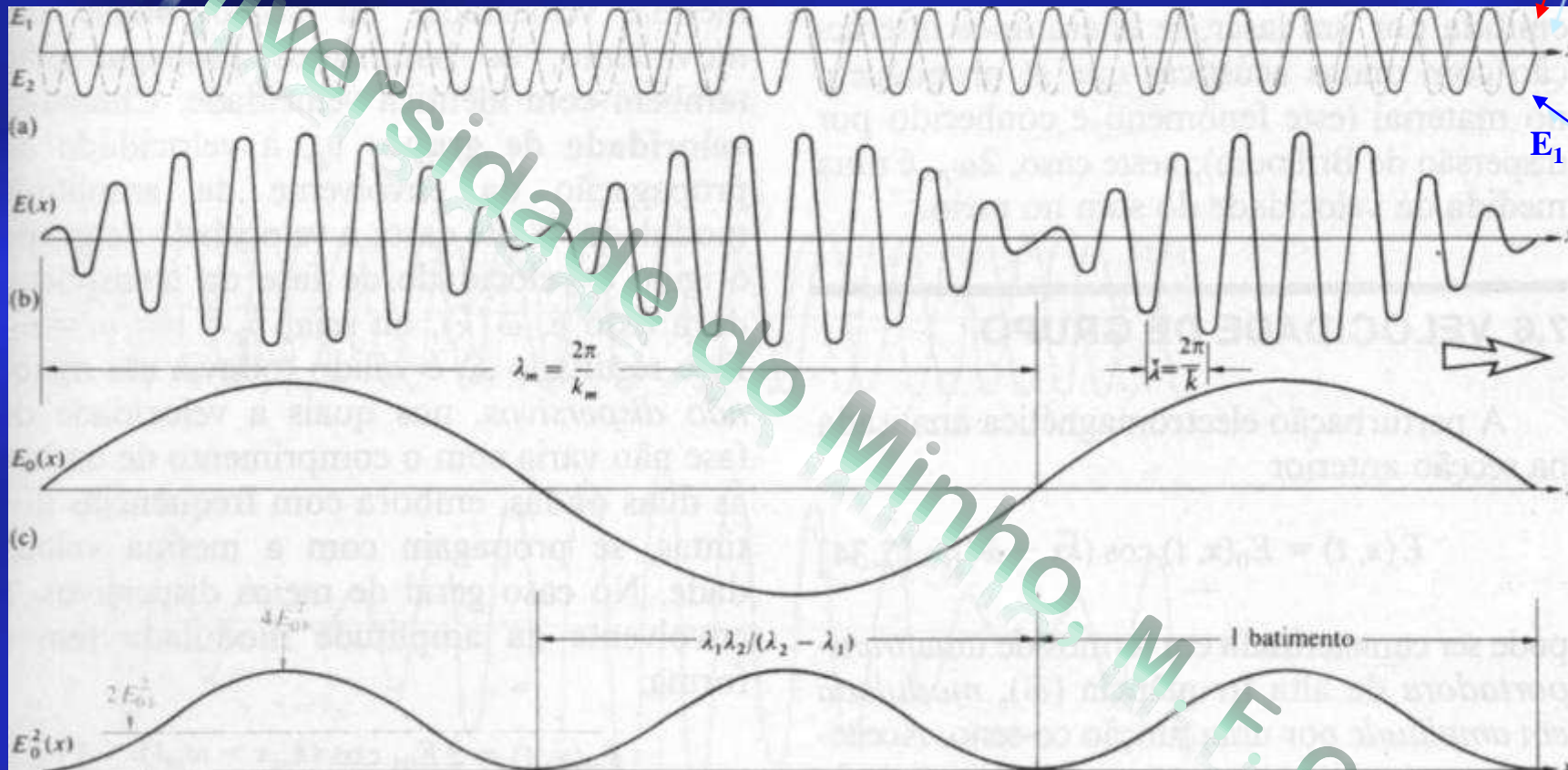


Sobreposição de ondas

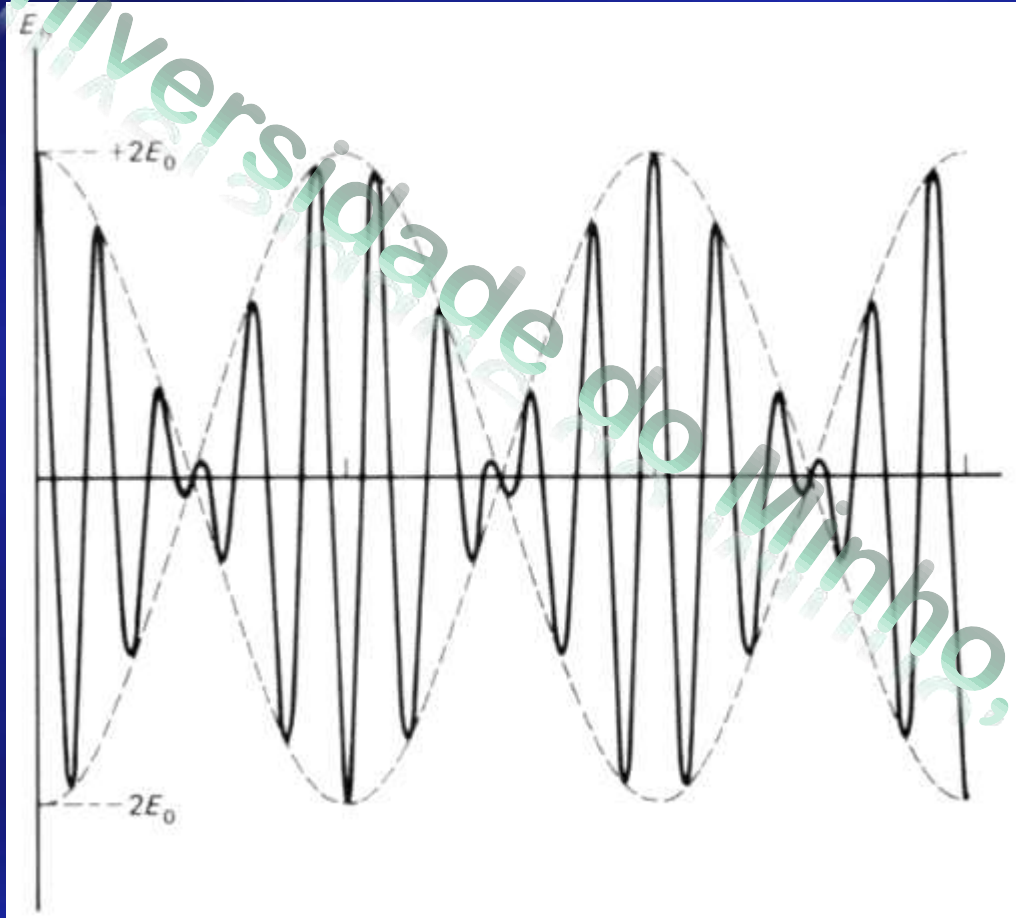


A sobreposição de três ondas harmónicas produz uma onda harmónica.

Sobreposição de ondas



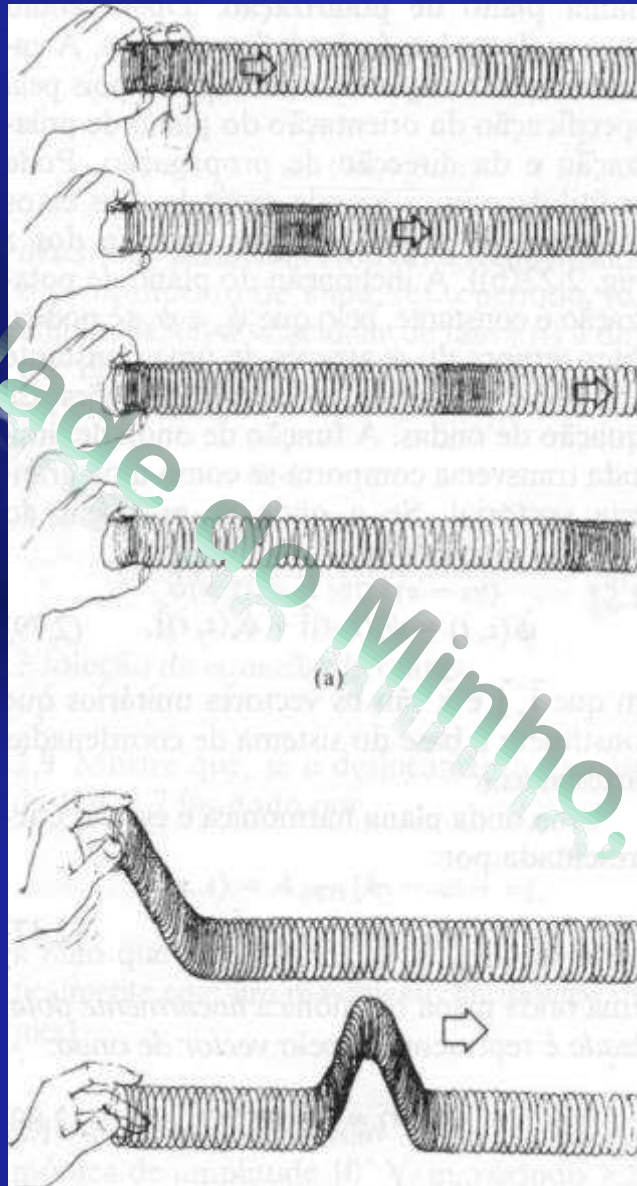
Sobreposição de duas ondas harmônicas com frequências diferentes.



Velocidade de fase

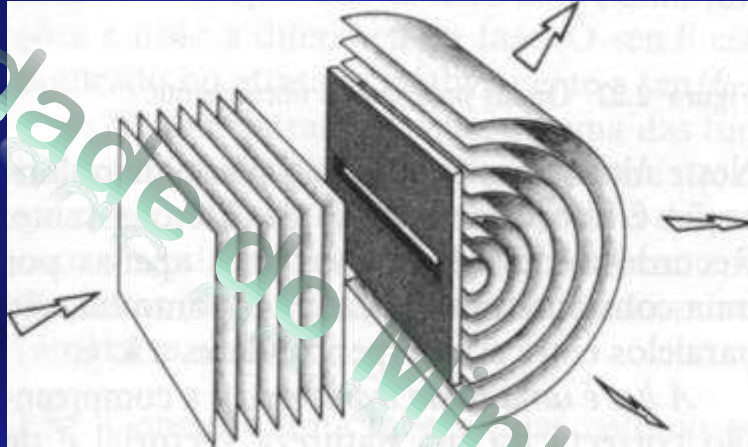
Velocidade de grupo

Universidade

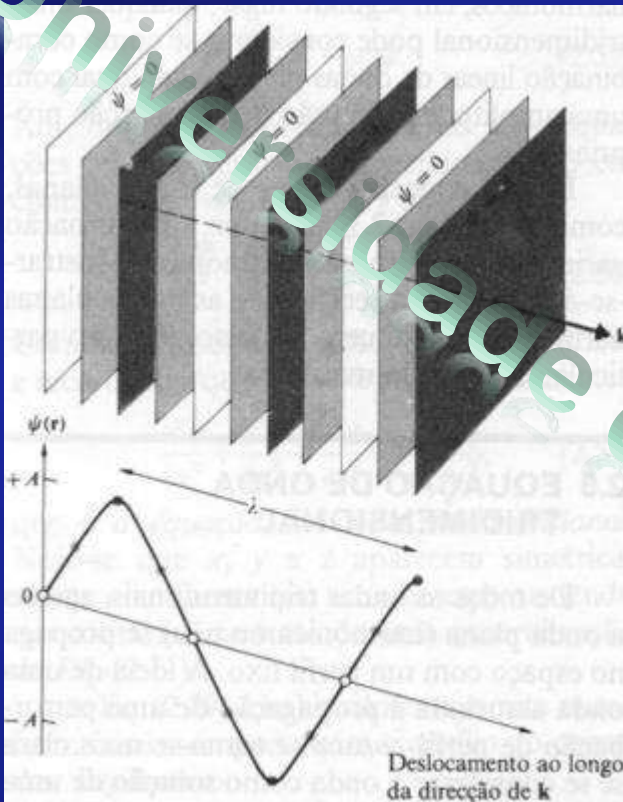


(a)

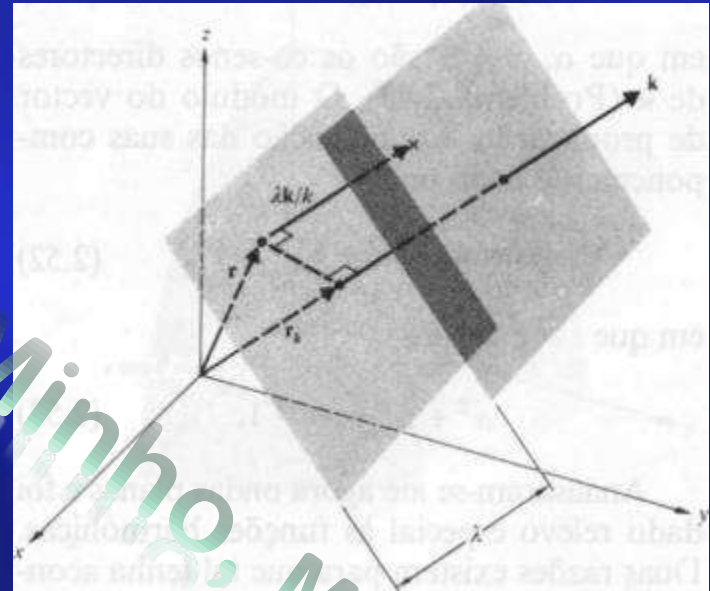
M. F. Costa



Ondas cilíndricas emergentes de uma fenda longa e estreita.

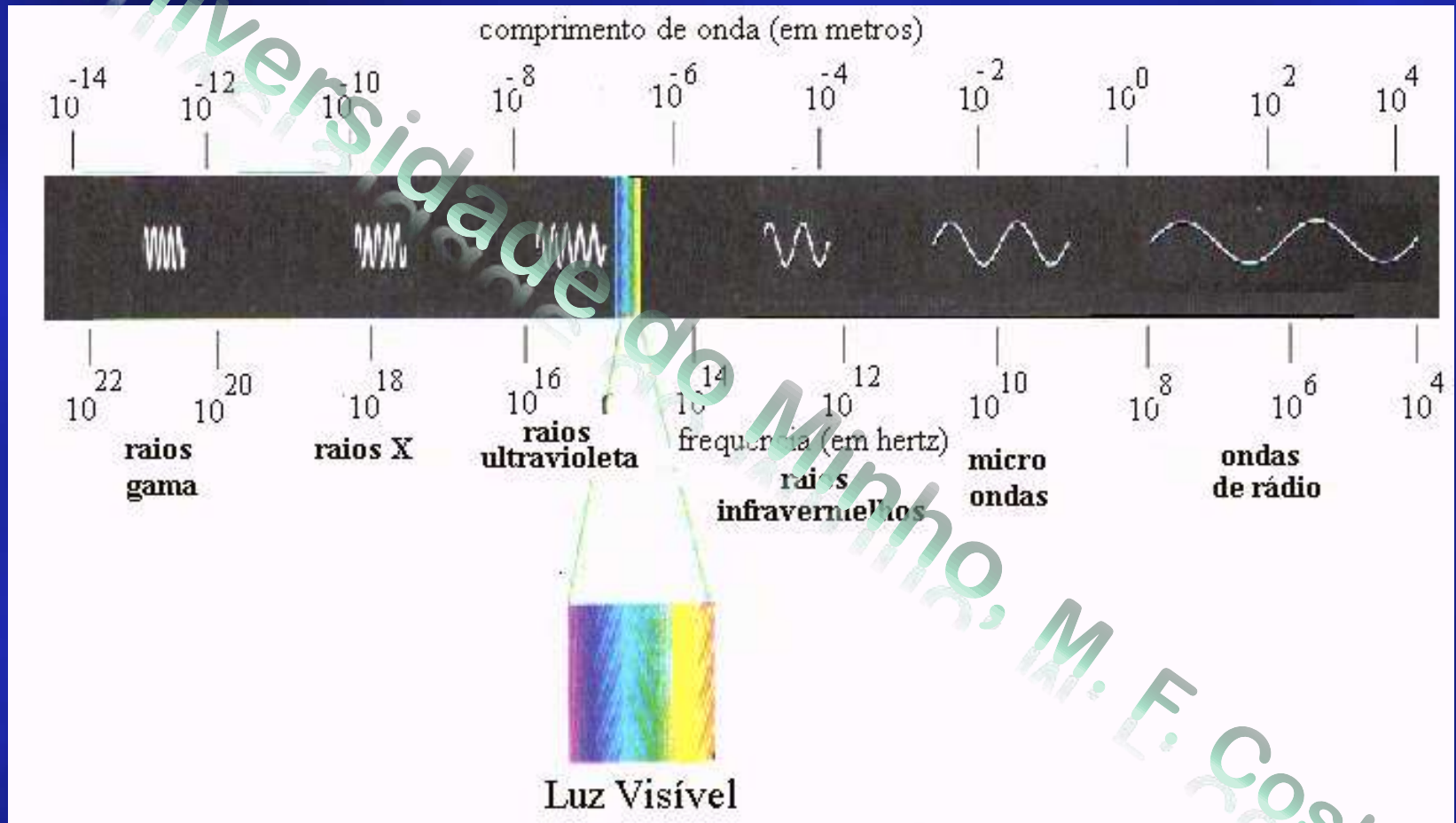


Frentes de onda plana harmónica.

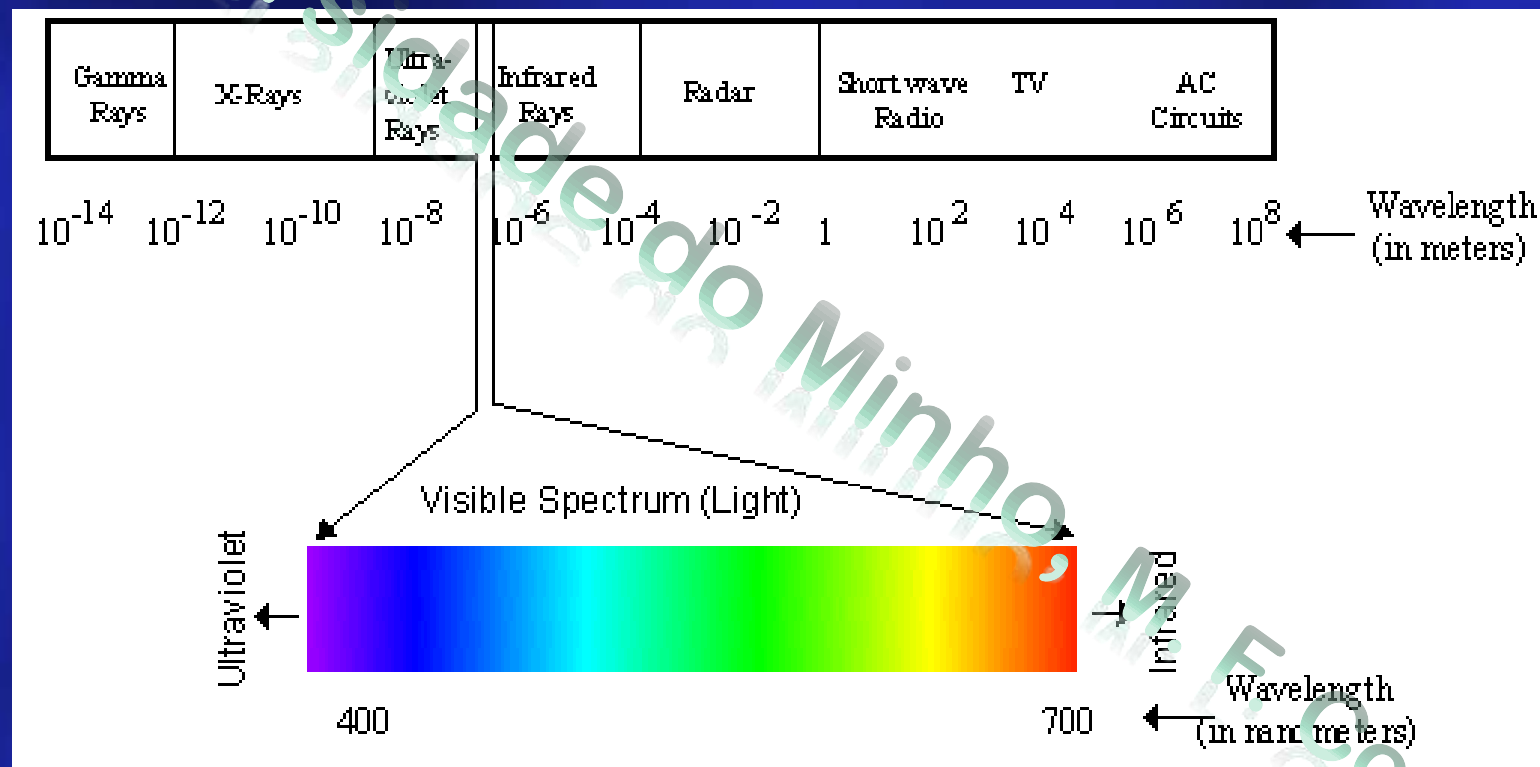


Ondas planas.

Espectro da radiação electromagnética



Espectro da radiação electromagnética



Dispersão da luz



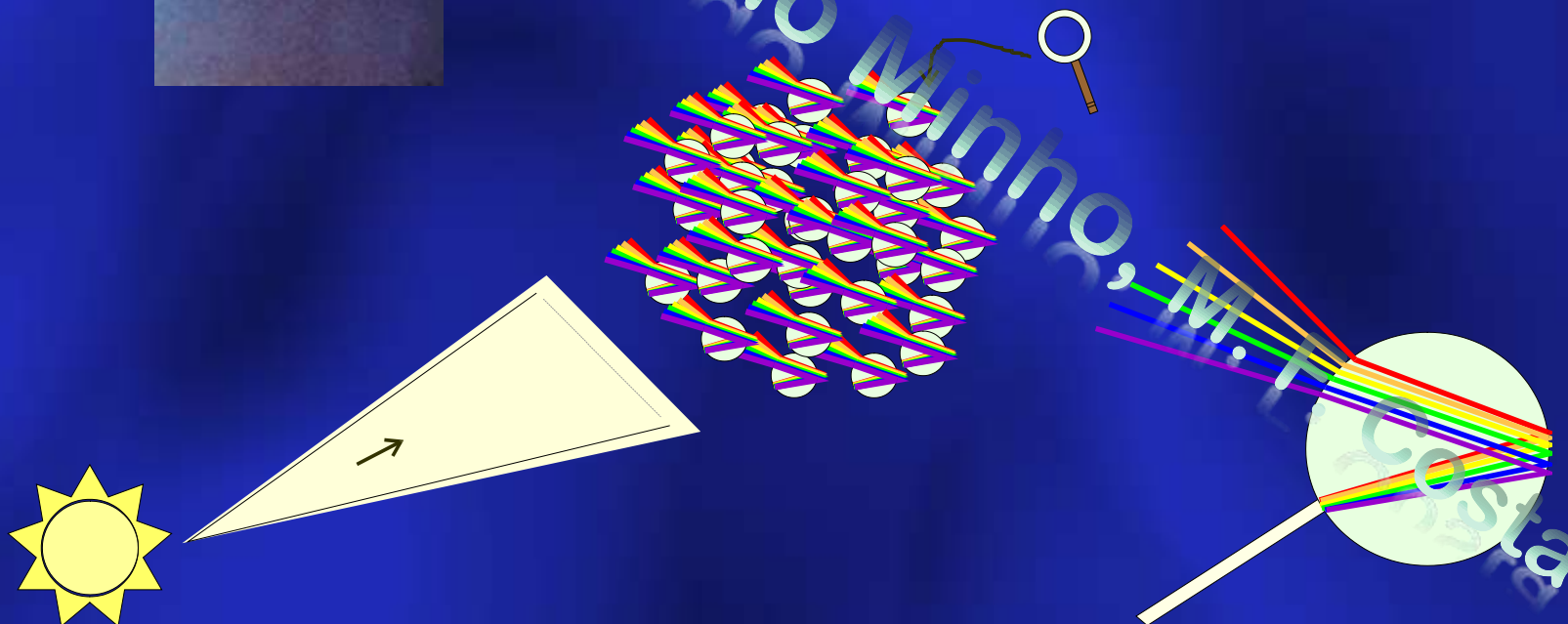
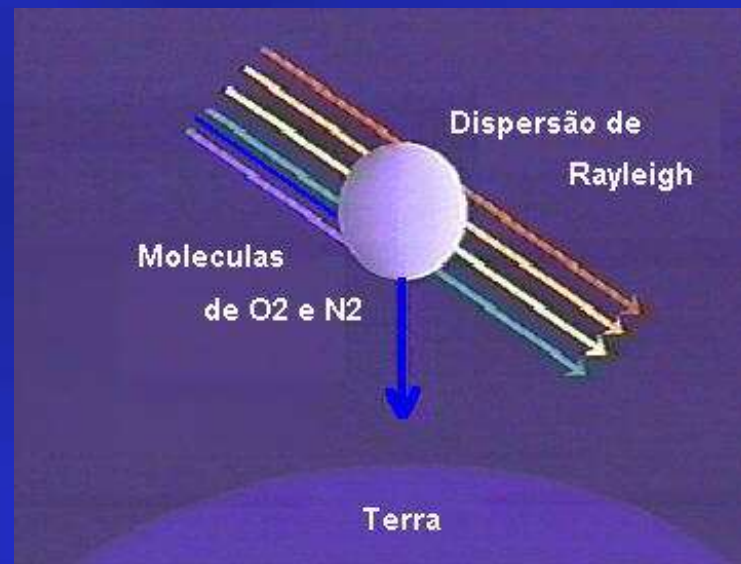
v

c/λ

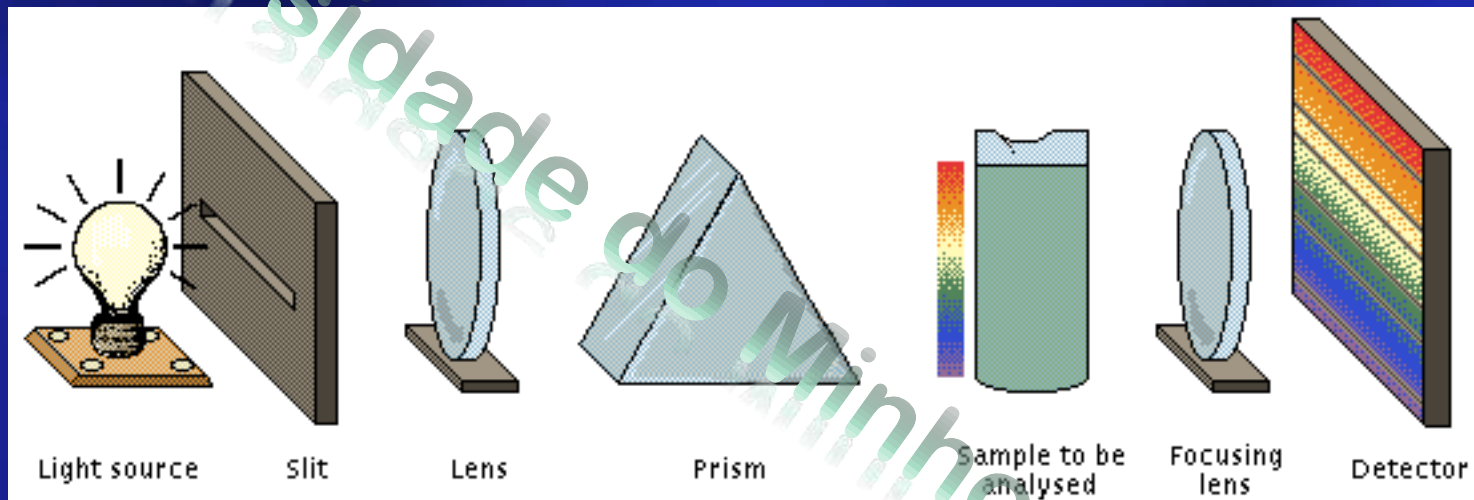
n

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Dispersão da luz



Espectroscopia



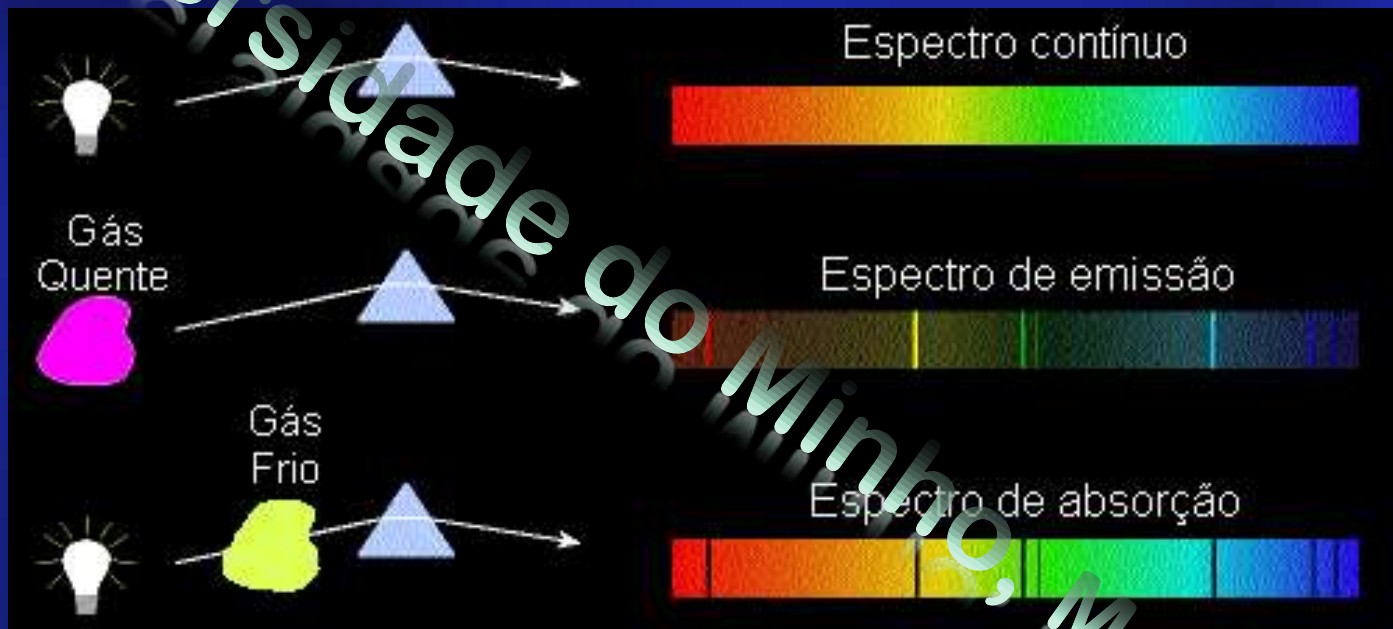
ν

c/λ

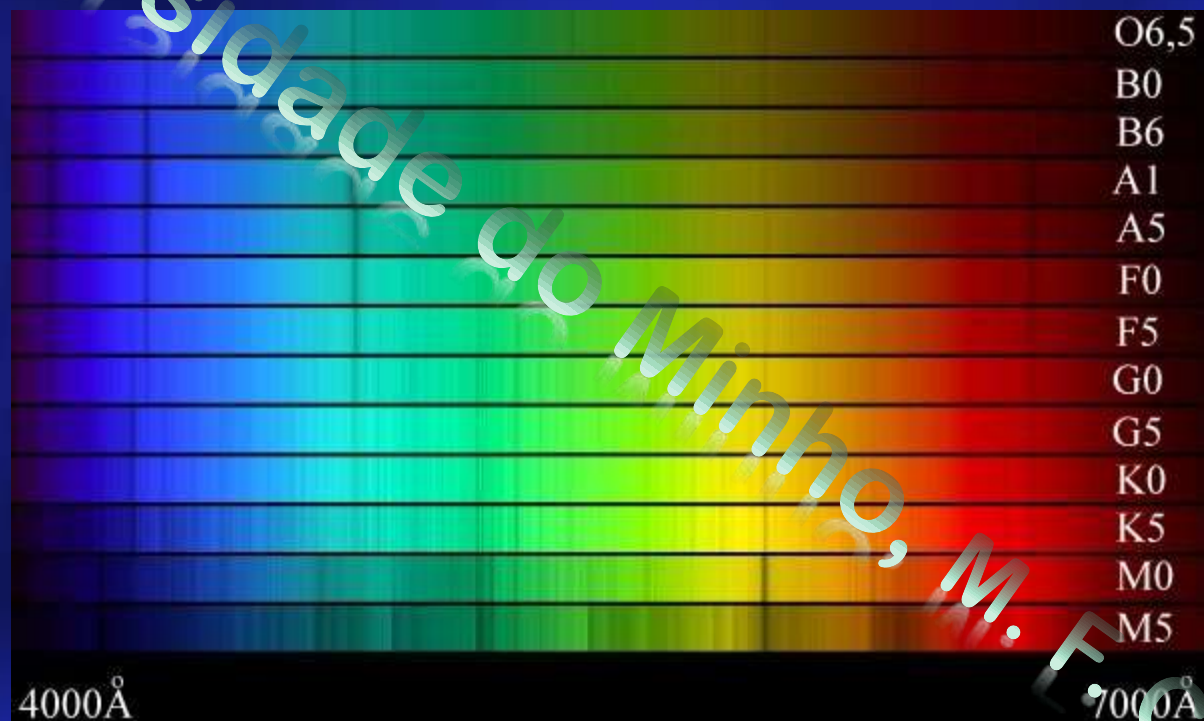
n

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Espectroscopia

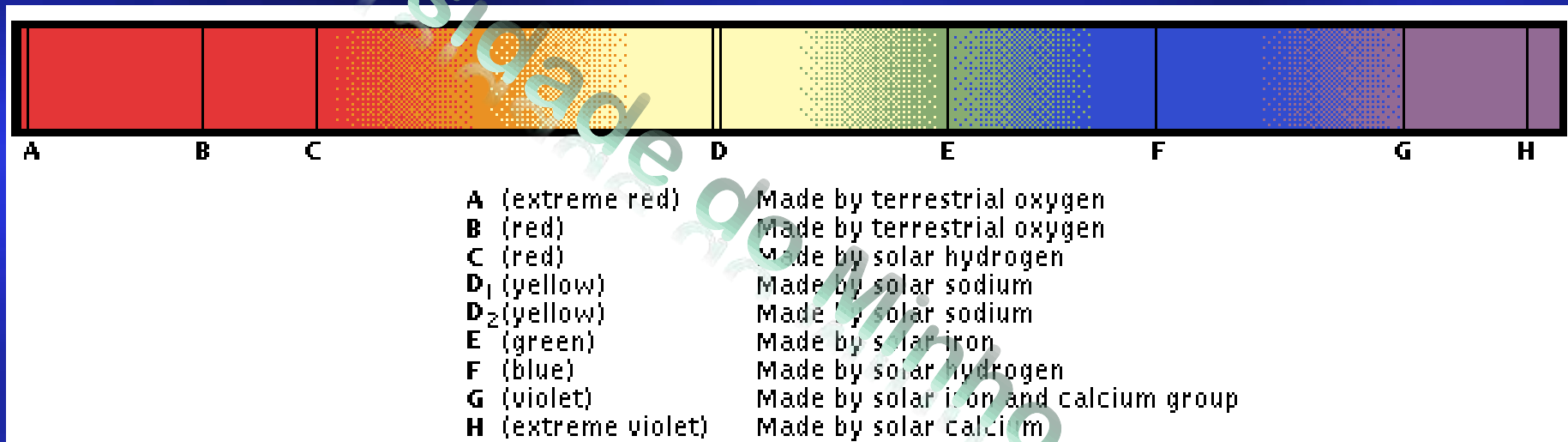


Espectroscopia



SOL

Espectro solar (linhas de absorção)

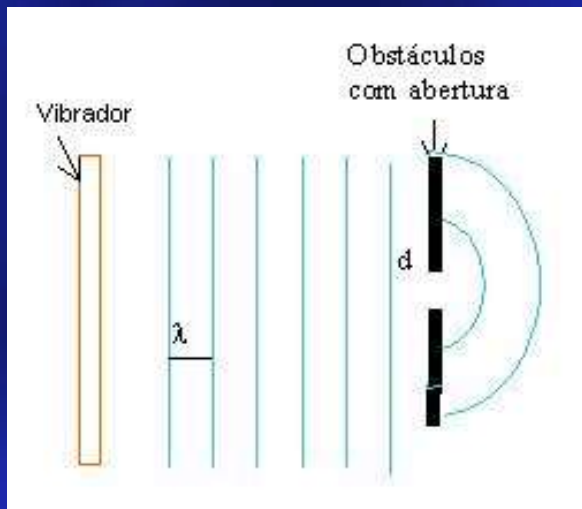


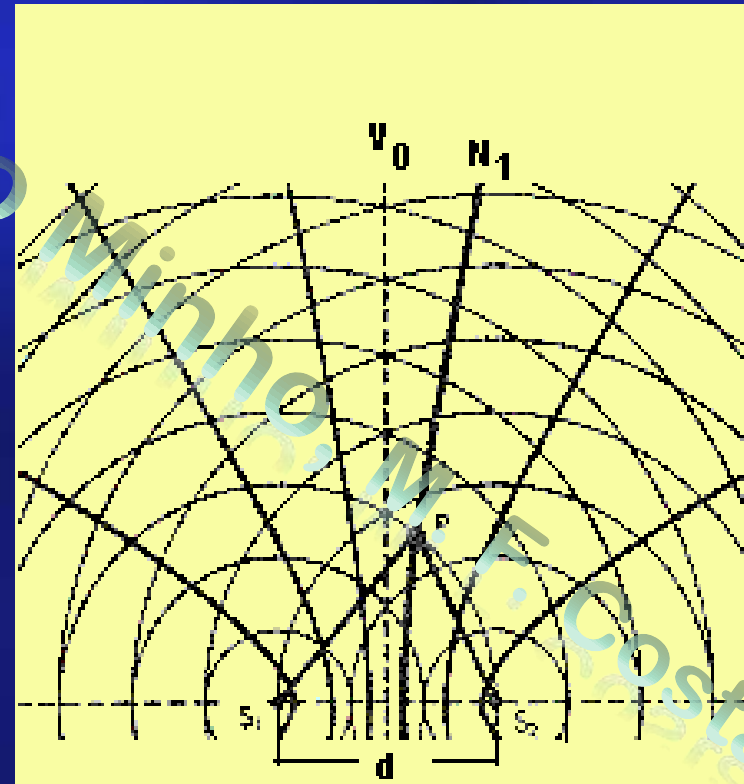
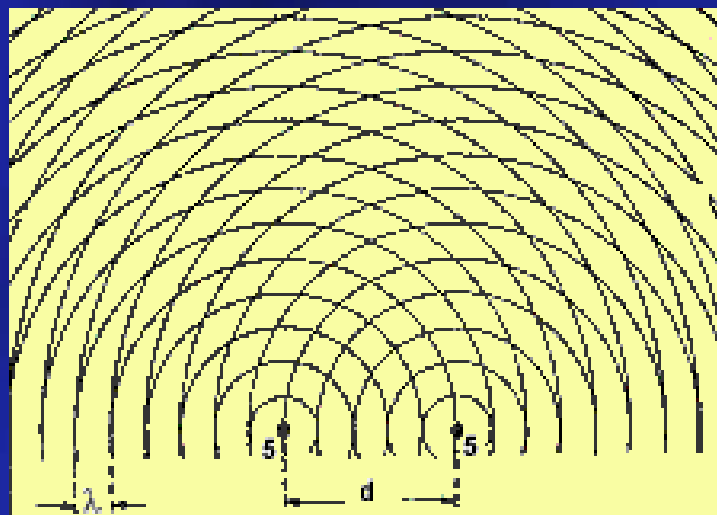
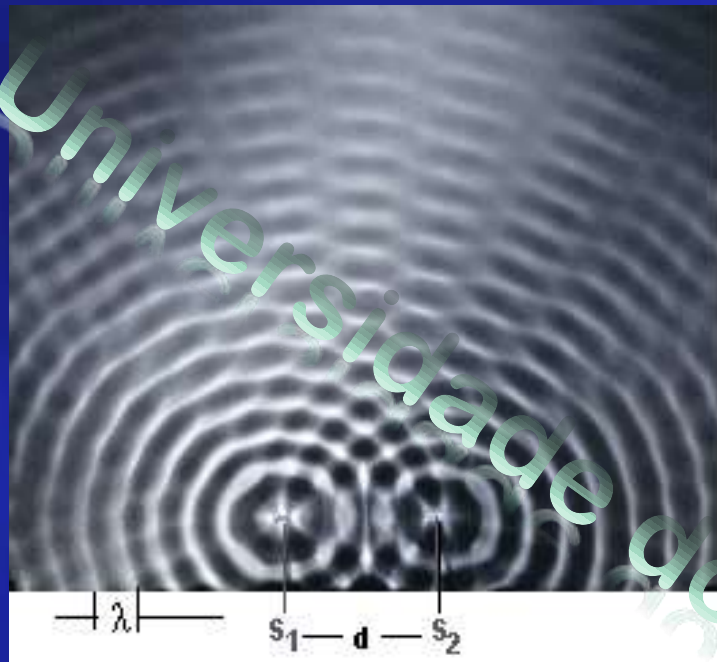
Espectroscopia (espectrofotômetros)

Difracção

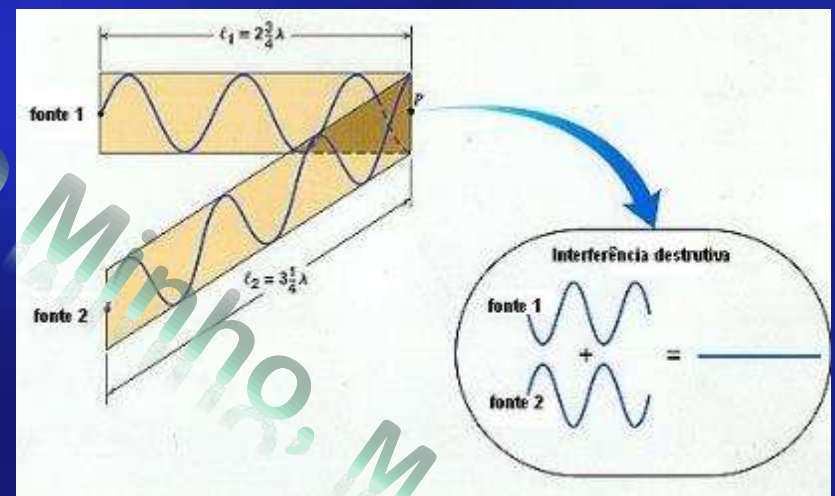
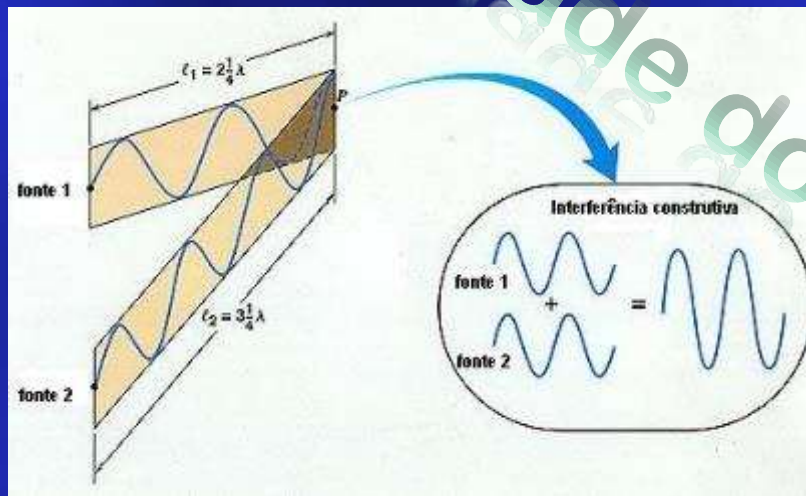
Princípio de Huygens-Fresnel

cada ponto de uma frente de onda não obstruída é uma fonte de ondas esféricas secundárias com a mesma frequência, sendo que o campo óptico em qualquer ponto do espaço é obtido pela sobreposição de todas essas ondas secundárias.





Difracção e interferência

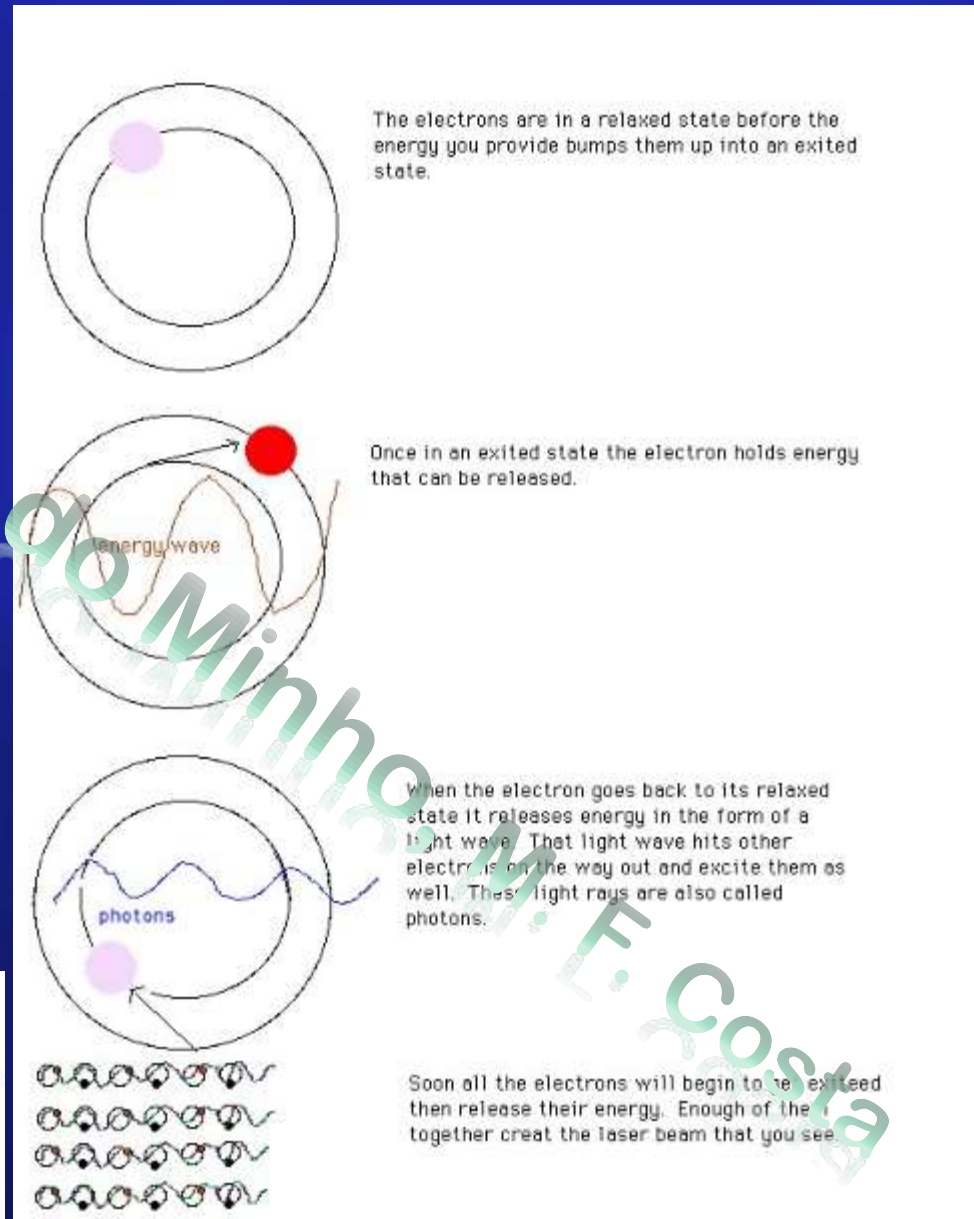
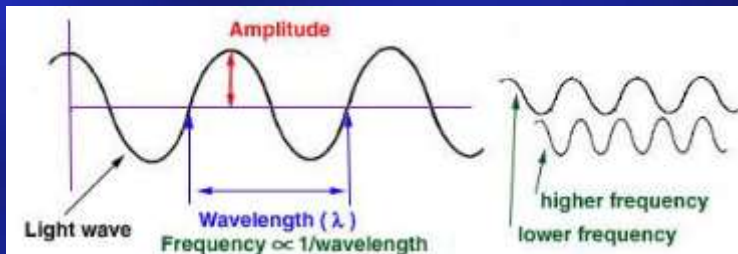


LASERS

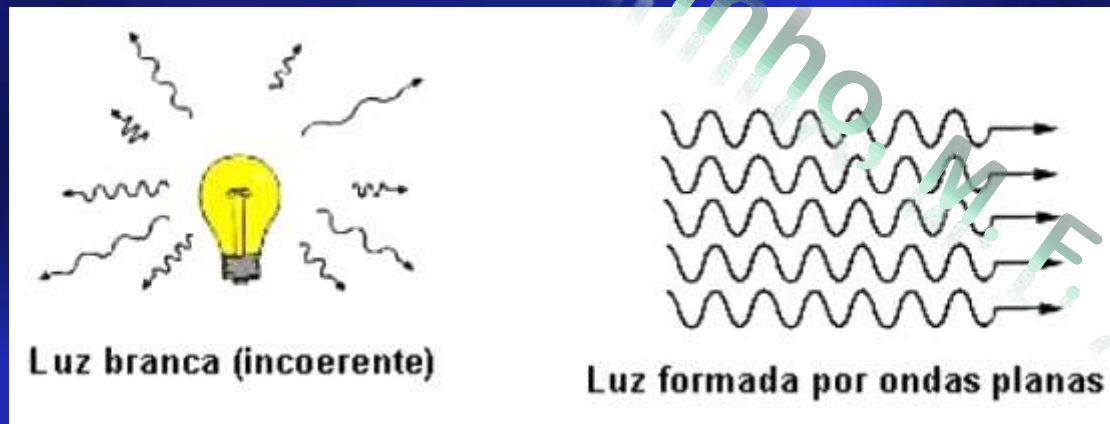
inversão de população

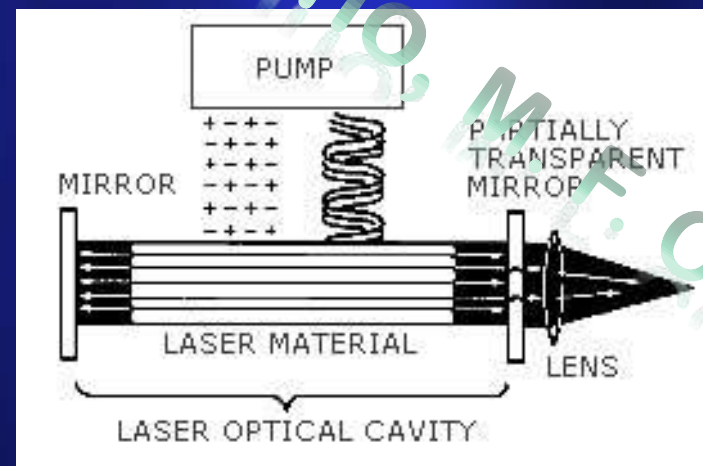
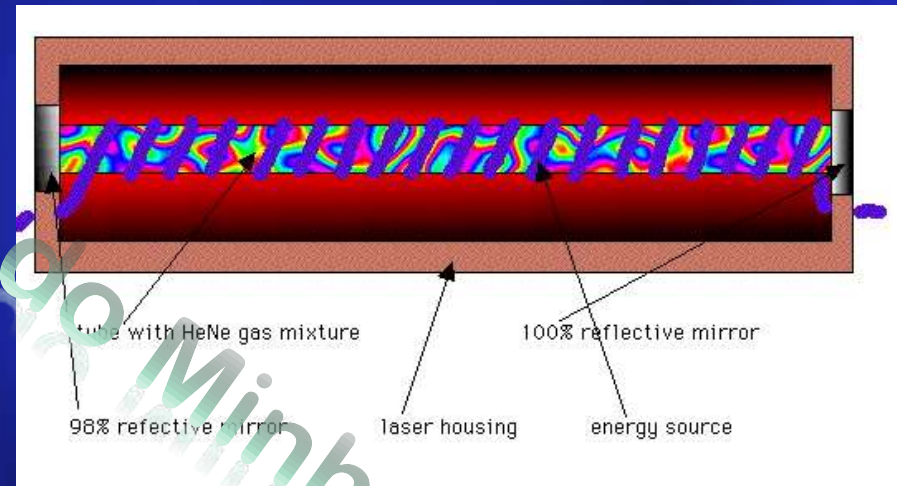
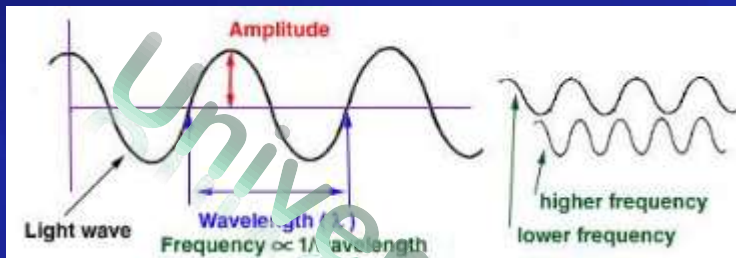
maser – década de 50

Schawlow, Townes, Maiman - laser



Laser de HeNe (Maiman, 1960) : consiste num tubo de vidro cheio de uma mistura de dois gases nobres, hélio e néon. O tubo é selado e dois espelhos colocados nos extremos. Um dos espelhos tem uma reflectividade de apenas 98%. De forma a produzir luz uma corrente de alta voltagem é aplicada ao gás. A luz produzida (*inversão de população*) será reflectida sucessivamente entre os espelhos. A luz *em circulação* dentro do tubo vai-se tornando mais intensa até que alguma consegue sair pelo espelho de 98%. Pela forma muito cuidada como o laser é feito, em particular a distância entre os dois espelhos será um múltiplo exacto do comprimento de onda da luz a ser gerada. *Monocromática e coerente. Luz coerente pode interferir com ela própria.*





Laser type	Wavelength (μmeters)	Laser type	Wavelength (μmeters)
Argon fluoride (Excimer-UV)	0.193	Helium neon (yellow)	0.594
Krypton chloride (Excimer-UV)	0.222	Helium neon (orange)	0.610
Krypton fluoride (Excimer-UV)	0.248	Gold vapor (red)	0.627
Xenon chloride (Excimer-UV)	0.308	Helium neon (red)	0.633
Xenon fluoride (Excimer-UV)	0.351	Krypton (red)	0.647
Helium cadmium (UV)	0.325	Rhodamine 6G dye (tunable)	0.570-0.650
Nitrogen (UV)	0.337	Ruby (CrAlO_3) (red)	0.694
Helium cadmium (violet)	0.441	Gallium arsenide (diode-NIR)	0.840
Krypton (blue)	0.476	Nd:YAG (NIR)	1.064
Argon (blue)	0.488	Helium neon (NIR)	1.15
Copper vapor (green)	0.510	Erbium (NIR)	1.504
Argon (green)	0.514	Helium neon (NIR)	3.39
Krypton (green)	0.528	Hydrogen fluoride (NIR)	2.70
Frequency doubled Nd YAG (green)	0.532	Carbon dioxide (FIR)	9.6
Helium neon (green)	0.543	Carbon dioxide (FIR)	10.6
Krypton (yellow)	0.568		
Copper vapor (yellow)	0.570		

Key: UV = ultraviolet (0.200-0.400 μm)
 VIS = visible (0.400-0.700 μm)
 NIR = near infrared (0.700-1.400 μm)



OBRIGADO